STANFORD UNIVERSITY
MAR
8
1938
LIBRARY

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Heidelberg
(Direktor: Professor Dr. Stein).

Lane Medical Library

Ueber den Einfluß des Muskeltrainings auf die Gewebeeiweißstoffe bei verschiedenen Stoffwechselzuständen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität

zu Heidelberg,

vorgelegt von

Hildegard Dibelius.

1936

Druck: Handelsdruckerei C. Trute, Quakenbrück.

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg.

Der Referent: Dozent Dr. Schenck.
Der Dekan: Prof. Dr. C. Schneider.
1936

Ueber den Einfluß des Muskeltrainings auf die Gewebeeiweißstoffe bei verschiedenen Stoffwechselzuständen.

In einer Reihe von Untersuchungen (Naunyn-Schmiedebergs Archiv 170, 151 (1933) u. 173, 260 f. (1933)) zeigten E. G. Schenck und H. Wollschitt, daß der Bau der Gewebeeiweißstoffe abhängig ist von der Gesamtstoffwechsellage eines Organismus, daß also verschiedene den Stoffwechsel verändernde exogene und endogene Einflüsse (einseitige Ernährung, Protoplasmaschädigungen, Hormone, Alterung, Vitaminentzug) Aenderungen der Organeiweißkörper bewirken.

Die vorliegende Arbeit soll dartun, wie sich die Gewebeeiweißstoffe bei körperlicher Bewegung verhalten.

Durch Versuche von Deuticke (Pflügers Archiv, 224, 1 (1930) und von W. Seitz (Hoppe-Seylers Z. für Physiol. Chemie 218, 17 (1933)) wurde gefunden, daß beim Training im Muskelbrei physikalisch-chemische Veränderungen an den Muskeleiweißkörpern im Sinne einer Löslichkeitsverminderung auftreten, die der Abnahme der Synthesefähigkeit von Hexosephosphorsäure aus Glykogen und Orthophosphorsäure parallel gehen. Weitere Untersuchungen, die die Muskeleiweißkörper und darüber hinaus die Organeiweißstoffe von Tieren während verschiedener Stoffwechselzustände und in ihrer Abhängigkeit vom Muskeltraining zum Gegenstand hatten, wurden unseres Wissens bisher noch nicht ausgeführt.

Wir entschlossen uns, normal ernährte Ratten oder solche, die einseitig mit Fett, Eiweiß oder Kohlehydraten gefüttert worden waren, entweder einem mehrtägigen Training (täglich 1 Std.) in einer Lauftrommel zu unterwerfen oder sie einmalig zu überanstrengen, indem wir sie bis zu 10 Stunden ohne Unterbrechung laufen ließen.

Methodik.

Als Versuchstiere dienten weiße Ratten beiderlei Geschlechts. Mit wenigen Ausnahmen wurden immer je drei Tiere einheitlich

behandelt. Als Kontrolltiere zu jeder Versuchsreihe von trainierten bzw. überanstrengten Tieren untersuchten wir 3—5 Tiere, die auf die gleiche Weise ernährt wurden.

Als normale Nahrung (NK) bekamen die Tiere Milch und Weizen.

Die Hungertiere (H) ließen wir entweder ohne Nahrung (außer Wasser) 5 Tage lang sitzen und überanstrengten sie am 5. Tag, oder aber wir führten mit ihnen ein 7-tägiges Training durch und ließen sie gleichzeitig hungern.

Die einseitig zu ernährenden Tiere fütterten wir 7 Tage lang vor Beginn der Laufversuche ausschließlich entweder mit Kohlehydrat (KH) (Zwieback, Zucker und Wasser zu einem Brei verrührt), mit Eiweiß (E) (in Wasser kurz gekochtes mageres Fleisch), oder mit Fett (F) (Speck und Margarine mit Talkum vermischt); dazu bei allen drei Ernährungsformen Wasser. Die Tiere bekamen von dieser einseitigen Kost, soviel sie fraßen. Diese Ernährung wurde während der Trainingszeit weitergeführt.

Wir trainierten die Tiere, indem wir sie in einer elektrisch betriebenen Lauftrommel 7 Tage hindurch täglich eine Stunde lang bei möglichst gleicher Umdrehungszahl pro Zeit laufen ließen. Die Tiere wurden am 7. Trainingstag getötet, jedoch nie sofort nach der letzten Laufstunde.

Um die Tiere zu überanstrengen, ließen wir sie hintereinander mehrere Stunden (6—10) in der Trommel laufen. Ausschlaggebend für das Abbrechen eines Ueberanstrengungsversuches war uns weniger die verstrichene Zeit als der Erschöpfungsgrad des Tieres. Sofort nach Beendigung des Laufes wurden die Tiere getötet (bis auf einige Ausnahmen, die wir etwa 20 Std. mit oder ohne Wasser sitzen ließen), und zwar ebenso wie die trainierten Tiere durch Abschneiden des Kopfes; danach wurden sie entblutet, soweit das möglich war.

Den getöteten Tieren wurden Leber, Nieren, Herz und je ein Teil der Oberschenkel-, Bauch- und Rückenmuskulatur entnommen und wie folgt, getrennt voneinander verarbeitet.

Die frischen Organe wurden gewogen, kleingeschnitten und in 2%iger Essigsäure aufgekocht; die koagulierten Proteine wurden nach dem Abkühlen abfiltriert und ausgequetscht, in mehrfach gewechseltem Alkohol 24—72 Stunden extrahiert, getrocknet und gewogen. Die Kochextrakte wurden, nachdem sie auf ein bestimmtes Volumen gebracht worden waren, auf ihren Gehalt an Gesamt-N und Rest-N (RN) (nach Kjeldahl) untersucht. Die Ergebnisse rechneten wir in % vom Frischgewicht um; die Organfrischgewichte in % vom Gesamtgewicht des Tieres.

Ergebnisse.

a) Gewichtsveränderungen:

Aus den folgenden Tabellen (7—8) ist zu ersehen, wie sich das Körpergewicht der Ratten bei den verschiedenen Ernährungsformen und bei körperlicher Bewegung verändert.

Die großen Gewichtsabnahmen nach einmaliger Ueberanstrengung sind durch Wasserverlust verursacht. So nehmen normal ernährte Ratten bei einmaliger Ueberanstrengung durchschnittlich um 6,6 % ihres Gewichtes ab; läßt man sie danach 20 Stunden ohne Wasser und Nahrung sitzen, so beträgt der Gewichtsverlust nach wie vor um 6 %. Dagegen gleicht sich bei Tieren, die Wasser bekommen, innerhalb 20 Stunden der Gewichtsverlust bis auf einen Rest von 0,23 % wieder aus. — Bei 7tägigem Training nehmen normal ernährte Tiere durchschnittlich um 8 % an Gewicht zu.

Nach einer Hungerzeit von 5 Tagen beträgt der Gewichtsverlust etwa 21 % des Ausgangsgewichtes, nach 7 Tagen 32 %. Eine einmalige Ueberanstrengung bewirkt bei solchen Tieren, die 5 Tage hungerten, eine weitere Gewichtsabnahme um durchschnittlich 7,24 %; das entspricht etwa dem Gewichtsverlust, den Normaltiere bei der gleichen Behandlung erfahren. Auch das ist mit auf Wasserverlust zurückzuführen, da nach Wasseraufnahme der Verlust an Gewicht zum Teil wieder ausgeglichen ist. — Während der Hungerzeit trainierte Tiere nehmen nicht mehr ab als untrainierte hungernde Tiere.

Bei einseitiger Ernährung mit Kohlehydraten nehmen die Ratten ab, in 7 Tagen etwa 7 %. Wenn nun solche Tiere einmalig überanstrengt werden, so beträgt der Gewichtsverlust weitere 6,5 %. Das ist etwa dieselbe prozentuale Gewichtsabnahme, die wir nach einmaliger Ueberanstrengung bei Normaltieren und Hungertieren feststellten. Führt man bei mit Kohlehydrat einseitig ernährten Tieren ein 7tägiges Training durch, so nehmen sie um weitere 9,5 % ab, das ist wesentlich mehr als sie bei weiter andauernder Kohlehydraternährung ohne Training an Gewicht verlieren würden; denn 14 Tage lang mit Kohlehydrat ernährte Ratten nehmen etwa 5,8 % ab, während der Gesamtgewichtsverlust von Tieren, die 14 Tage hindurch mit Kohlehydrat ernährt und gleichzeitig vom 8.—13. Tag trainiert wurden, durchschnittlich 17,4 % beträgt.

Während einer 7tägigen ausschließlichen Ernährung mit Eiweiß nehmen Ratten um 10,5 % ab; eine einmalige Ueberanstrengung verursacht bei solchen Tieren eine weitere Gewichtsabnahme von 10 %; das ist ein größerer Verlust, als wir bisher bei Normaltieren, Hungertieren und mit Kohlehydrat ernährten Tieren beobachteten.

Bei 7tägigem Training und gleichzeitig fortgeführter Eiweißernährung nehmen die Tiere weitere 9,2 % ab; das entspricht, auch

wenn man den Gesamtgewichtsverlust bei einseitiger Eiweißernährung einerseits und bei Training und gleichzeitiger Eiweißernährung andererseits vergleichend in Betracht zieht, etwa den Gewichtsveränderungen der auf die gleiche Weise behandelten einseitig mit Kohlehydrat ernährten Tiere.

Wenn man Ratten 7 Tage hindurch nur mit Fett ernährt, nehmen sie durchschnittlich um 9,26 % ihres Gewichtes ab. Es ist auffallend, daß sich bei über weitere 7 Tage fortgesetzter ausschließlicher Fetternährung die Gewichtsabnahme bis zu einem Gesamtgewichtsverlust von 18,3 % steigert, während bei Kohlehydrat- und Eiweißernährung die erste Woche die Zeit der starken Abnahme ist und in der zweiten Woche das Gewicht beinahe gleich bleibt.

Eine einmalige Ueberanstrengung nach 7 Fettagen führt abermals zu einem Gewichtsverlust von 8,84 %; das ist mehr als bei Normal-, Hunger- oder Kohlehydrattieren, jedoch nicht so viel wie bei ebenso behandelten mit Eiweiß ernährten Tieren.

Trainiert man Ratten, die 7 Tage lang mit Fett ernährt wurden, und füttert sie während der Trainingszeit weiter ausschließlich mit Fett, so nehmen sie um etwa 13,2 % ab; dieser Gewichtsverlust ist größer, als er bei fortgesetzter Fetternährung ohne Training betragen würde, jedoch ist die Spanne zwischen den Gewichtsabnahmen bei 14tägiger Fetternährung allein und bei Fetternährung und gleichzeitigem Training (18,3 %—21,9 %) nicht so groß wie die entsprechenden Werte bei Kohlehydrattieren (5,8 %—17,4 %) oder Eiweißtieren (6,4 %—17,5 %).

Eine einmalige Ueberanstrengung führt also immer zu einer erheblichen Gewichtsabnahme. Trainiert man Ratten bei normalgemischter Kost, so nehmen sie zu; trainiert man Ratten, die gehungert haben, so nehmen sie nicht mehr ab, als sie in der Hungerzeit sowieso an Gewicht verlieren würden; trainiert man Ratten bei einseitiger Kohlehydrat-, Eiweiß- oder Fetternährung, so verringert sich ihr Gewicht um einen größeren Betrag, als sie in der selben Zeit bei einseitiger Ernährung allein abnehmen würden.

Es ist ganz interessant, in diesem Zusammenhang die Harnmengen zu betrachten: auf deren Größe kann einseitige Ernährung einen Einfluß haben (siehe Tabelle 9).

Die Größe der Ausscheidung im Hunger und bei einseitiger Kohlehydrat- oder Fetternährung unterscheidet sich nicht von der normal-gemischt ernährter Ratten. Dagegen wächst bei einseitiger Eiweißernährung die tägliche Harnabsonderung ganz bedeutend, bis auf das 4—5fache. Bei einzelnen Tieren sieht man deutlich, wie am ersten bis zweiten Tag nach Beginn der einseitigen Eiweißernährung ein starkes Ansteigen der vorher geringen Urinmengen einsetzt. Die Jahreszeit kann daran nicht schuld sein, da zu gleicher

Zeit auch anders ernährte Tiere untersucht wurden. Einen Einfluß des Trainings auf die Größe der Harnabsonderung stellten wir nicht fest.

b) Die Veränderungen in den Organen und Geweben (Tabellen 1—6):

Bei normal-gemischt ernährten Tieren finden wir nach einer einmaligen Ueberanstrengung die stärksten Veränderungen in der Leber, gleichgültig, ob die Tiere sofort nach der Ueberanstrengung getötet wurden, oder erst 24 Stunden später mit oder ohne Wasserzufuhr. Zwar bleibt das Gewicht der Leber unverändert, jedoch tritt eine Erhöhung des Gewichtsanteils an koagulablem Eiweiß auf, am deutlichsten bei den Tieren, die sofort nach der Ueberanstrengung, weniger stark bei denen, die 24 Stunden danach getötet wurden, aber auch hier noch gut zu erkennen. Der Rest-N bleibt unverändert.

Die Nieren zeigen außer einer Erhöhung des Gesamtgewichtes mit niedrigem Eiweißanteil keine charakteristischen Veränderungen. Bei den Tieren, wo diese Gewichtszunahme deutlich ist, ist das wohl auf eine Wasserverschiebung zurückzuführen, besonders da bei denen, die erst einen Tag später getötet wurden, eine gleichsinnige Veränderung nicht bemerkbar ist.

An der Herz- und Skelettmuskulatur sind nach einmaliger Ueberanstrengung keine wesentlichen Veränderungen festzustellen.

Im Training nimmt das Gesamtgewicht der Leber zu, während der Eiweißanteil sich verringert oder an der unteren Grenze der Norm bleibt. Der Rest-N-Gehalt des Organextraktes ist niedrig. Von Nieren und Herz bleibt das Gesamtgewicht unverändert, es erhöht sich aber der Eiweißanteil. Der Rest-N in beiden Organen bleibt unverändert. — An der Skelettmuskulatur zeigen sich nach einer 7tägigen Trainingszeit keine Veränderungen.

Im Hunger sinkt sowohl das Gesamtgewicht als auch das Gewicht des koagulablen Eiweißes in der Leber; der Rest-N-Gehalt steigt. — In der Niere vermindert sich nur der Eiweißanteil, während das Organgewicht unverändert bleibt. Der Rest-N ist vermehrt. — Das Herz erfährt weder eine Veränderung des Gesamtgewichtes, noch des Eiweißanteils; der Rest-N ist aber erhöht, — In der Skelettmuskulatur finden wir keine Veränderungen.

Bei Hungertieren, die einmalig überanstrengt wurden, steigt das Gesamtgewicht der Leber, ebenso auch der Eiweißanteil, während der Rest-N-Gehalt sinkt. Diese Veränderungen sind bis auf die Rest-N-Verminderung am nächsten Tag bereits wieder ausgeglichen. — In den Nieren wird vor allen Dingen ein Ansteigen des Eiweißanteils deutlich. — Am Herzen tritt nach einmaliger Ueberanstrengung eine Erhöhung des Gesamtgewichtes und des Eiweiß-

anteils auf. — An der Skelettmuskulatur zeigen sich keinerlei Veränderungen.

Werden hungernde Tiere mehrere Tage hintereinander trainiert, so werden die einzelnen Organe dadurch weniger beeinflußt: die Leber ist gegenüber der eines ruhenden Tieres ganz unverändert, an den Nieren findet sich bei manchen Tieren eine Erhöhung des Gesamtgewichtes mit hohem Eiweißanteil und eine Verminderung des Rest-N-Gehalts. Im Herzen ist ebenfalls das Eiweißgewicht erhöht und der Rest-N vermindert. Die Daten der Skelettmuskulatur sind nicht verändert.

Der Vergleich der Organe von normal-gemischt ernährten Tieren mit solchen, die ausschließlich Kohlehydratnahrung bekamen, zeigt, daß bei letzteren das Gesamtgewicht von Leber, Nieren und Herz vermehrt ist; zugleich ist der Eiweißanteil in diesen Organen erhöht. Der Rest-N-Gehalt ist unverändert, in der Leber eher vermindert.

Bei einseitiger Eiweiß-Ernährung nimmt das Gewicht von Leber, Nieren und Herz zu; besonders auffällig ist die starke Vermehrung des Nierengewichtes. Zugleich ist der Eiweißanteil in den drei Organen erhöht, wenn auch weniger deutlich. Der Rest-N ist nur im Herzen erhöht, sonst unverändert.

Im Zusammenhang mit der starken Nierenvergrößerung verweisen wir noch einmal auf die vermehrte Diurese nach Eiweißernährung. Bei keiner der drei einseitigen Ernährungsformen bemerken wir eine so auffallende Gewichtszunahme der Niere; ebenso tritt die bedeutende Vermehrung der Harnausscheidung nur nach Eiweißernährung ein.

Bei Tieren, die einseitig mit Fett ernährt wurden, ist das Gewicht von Leber, Nieren und Herz erhöht. Sonst sind keine charakteristischen Veränderungen zu erkennen.

Die Skelettmuskulatur bleibt unbeeinflußt von allen drei Formen der einseitigen Ernährung.

Vergleicht man nun bei den verschiedenen Formen einseitiger Ernährung jeweils die Organe der Kontrolltiere mit denen der einmalig überanstrengten bzw. trainierten Tiere, so lassen sich nirgends, weder in Leber oder Niere, noch in der Muskulatur des Herzens oder des Bewegungsappaartes stärkere und charakteristische Verschiebungen erkennen.

Dieses Ergebnis scheint der Ansicht, daß eine enge Wechselbeziehung zwischen Stoffwechselvorgängen und dem Bau des Zelleiweißes der Organe besteht, zu widersprechen, die in einer Arbeit von E. G. Schenck (Erg. d. Inneren Medizin u. Kinderheilkunde

46, 270 ff. (1934)) wie auch in den oben erwähnten Veröffentlichungen als bewiesene Erkenntnis dargelegt wird. Es wird dort gezeigt, daß es eine dem Gewebeeiweiß eigentümliche Fähigkeit ist, sich entsprechend den Bedürfnissen des Organismus in weiten Grenzen zu verändern, und daß durch das Fehlen lebensnotwendiger Stoffe sowie beim krankhaften Geschehen diese Veränderungsbreite eingeschränkt wird. Das geringe Reagieren der Organeiweißkörper einseitig ernährter Ratten auf körperliche Bewegung läßt sich nun vielleicht einmal damit erklären, daß die Schwankungsbreite des Gewebeeiweißes bei diesen Tieren vor allem dazu in Anspruch genommen wird, den Organismus auf die durch die Ernährung sehr veränderte außergewöhnliche Stoffwechsellage einzustellen, zum andern damit, daß ja bei länger andauernder einseitiger Ernährung dem Organismus lebenswichtige Substanzen fehlen und damit die Veränderungsfähigkeit des Organeiweißes überhaupt abnimmt.

Zusammenfassung.

Werden normal-gemischt ernährte oder hungernde Ratten auf verschiedene Weise körperlich bewegt (Ueberanstrengung oder Training), so treten Gesamtgewichtsveränderungen auf. An den einzelnen Organen, mit Ausnahme der Skelettmuskulatur, findet man deutliche Veränderungen der Organgewichte, des Eiweißanteils und des Rest-N-Gehalts. Bei Bewegung einseitig ernährter Tiere zeigt es sich, daß nur das Gesamtgewicht fällt, während die einzelnen Organe nicht m e h r verändert werden, als es durch die einseitige Ernährung allein geschieht.

Tabelle 1.

Ratte	Behandlung	Gewicht in g	Og/Gg %	Niere Tg/Fg %	Niere RN i mg / 1 g Fg
5		185	0,710	14,1	3,26
bb	Normal-	295	0,665	14,0	3,06
cc	tiere	255	0,699	12,5	5,61
dd		247	0,735	13,1	6,64
B	NK, 1 mal L.	175	0,692	16,3	4,96
D	sof. get.	150	0,840	12,7	5,55
E		185	0,833	8,5	5,86
F	NK, 1 mal L.	150	0,627	16,6	5,84
H	nur Wasser	190	0,624	12,7	5,75
I	get. n. 24 St.	185	0,762	15,1	4,97
S	NK, 1 mal L. kein Wasser get. n. 24 St.	155	0,690	9,75	7,50
A	NK. 7 Trai-	215	0,750	12,7	4,97
C	ningstage	165	0,912	15,5	4,00
G		175	0,662	15,3	5,60
L	5 Hungertage	145	0,662	12,2	7,29
M	7 Hungertage	120	0,758	11,1	6,60
N	5 Hungert.	165	0,740	15,1	5,73
Q	1 mal L. sof. get.	120	0,760	13,2	6,60
P	5 Hungert. 1 mal L. get. n. 24 Std.	140	0,743	11,4	7,94
K	8 Hungert.	165	0,551	14,8	7,14
O	gleichzeitig	165	0,777	16,6	4,68
R	Training	170	0,817	8,71	3,60
V	7 KH-Tage	135	0,845	15,4	5,27
c		210	0,728	16,7	4,07
a	14 KH-Tage	140	0,829	15,5	5,18
b		175	0,767	15,4	5,22
T	7 KH-Tage	180	0,756	17,2	5,50
X	1 mal L. am 8. T.	147	0,757	13,7	6,77
Z		92	0,846	13,5	7,70
U	7 KH-Tage	155	0,820	15,9	4,73
W	7 Trainings-	145	0,808	15,6	8,56
Y	tage	148	0,702	14,8	4,32

Tabelle 2.

Ratte	Herz			Leber		
	Og/Gg %	Tg/Fg %	RN i mg 1 g Fg	Og/Gg %	TgF/g %	RN im mg 1 g Fg
5	0,325	17,7	1,67	3,14	23,8	2,65
bb	0,281	16,0	6,01	2,92	22,9	2,31
cc	0,294	14,0	8,00	2,70	23,9	4,07
dd	0,271	14,9	10,42	2,69	23,9	2,41
B	0,297	18,7	5,76	2,60	28,0	2,21
D	0,333	15,6	7,00	2,97	26,1	2,69
E	0,298	15,8	10,00	2,88	25,6	1,13
F	0.327	15,3	5,11	2,54	26,7	3,15
H	0,295	17,0	5,36	2,84	23,8	2,59
I	0,330	16,1	8,20	3,05	24,9	2,84
S	0,342	15,8	6,60	2,79	24,5	2,54
A	0,256	26,0	5,45	3,53	17,5	1,84
C	0,376	18,2	5,64	3,69	21,0	2,31
G	0,286	18,0	8,00	3,29	23,9	2,09
L	0,255	13,8	12,8	1,55	20,6	4,44
M	0,325	14,4	8,98	2,09	19,3	5,60
N	0,346	14,0	7,01	2,94	24,6	2,49
Q	0,350	16,9	9,51	2,84	23,7	3,82
P	0,314	16,4	13,60	1,86	20,5	2,70
K	0,272	15,5	6,67	1,71	20,0	4,60
O	0,291	18,9	8.33	1,53	21,9	3,97
R	0,312	13,2	5,67	2,90	16,4	1,83
V	0,370	17,0	5,00	2,94	26,8	1,77
c	0,281	17,7	7,62	3,61	24,1	1,71
a	0,371	16,6	8,66	3,73	23,8	3,45
b	0,338	25,4	7,61	3,93	23,0	2,20
T	0,350	18,4	4,76	2,74	26,9	2,03
X	0,334	16,5	9,20	3,18	23,6	2,57
Z	0,510	16,2	7,44	3,19	23,0	3,76
U	0,329	17,6	11,80	3,85	24,3	2,51
W	0,408	17,0	8,47	3,63	25,5	2,28
Y	0,311	17,4	5,42	3,45	21,8	1,57

Behandlung und Körpergewicht der einzelnen Tiere siehe Tab. 1

Tabelle 3.

Ratte	Oberschenkelmuskel		Bauchmuskel		Rückenmuskel	
	Tg/Fg %	RN i mg 1 g Fg	Tg/Fg %	RN i mg 1 g Fg	Tg/Fg %	RN i mg 1 g Fg
5	22,1	1,89	27,1	2,57	19,1	6,16
bb	21,1	3,84	22,6	4,29	21,6	3,41
cc	19,2	5,39	21,6	3,74	19,8	4,60
dd	20,0	5,27	22,4	3,40	21,2	4,56
B	24,1	3,10	23,5	2,97	23,3	2,84
D	19,2	5,29	20,7	2,79	19,5	4,70
E	21,5	4,02	22,0	3,20	20,4	3,20
F	20,6	3,38	23,8	2,91	22,2	3,06
H	22,0	3,00	23,0	2,85	21,6	3,85
I	19,9	3,73	22,5	3,30	20,4	4,64
S	21,0	4,00	24,0	2,24	21,4	5,50
A	18,8	5,61	20,0	3,14	19,6	2,75
C	21,4	4,85	20,2	2,70	21,0	6,15
G	21,0	3,84	22,7	3,44	22,1	4,05
L	21,0	4,03	21.7	4,35	20,3	4,28
M	18,6	6,94	20,4	3,81	19,9	5,70
N	21,4	4,60	22,1	2,55	21,3	4,28
Q	19,4	8,64	20,6	4,85	20,1	6,21
P	20,1	6,20	22,0	4,76	21,1	4,83
K	19,6	5,95	19,3	3,00	19,3	4,87
O	20,7	5,27	21,6	3,24	23,3	5,73
R	10,6	3,96	14,6	3,40	17,2	3,55
V	21,7	4,83	22,2	2,75	22,0	4,15
c	20,0	3,73	21,0	2,54	15,1	2,96
a	21,5	4,35	22,7	4,40	22,2	3,80
b	21,5	4,26	39,5	6,20	21,6	4,89
T	23,2	3,42	25,0	2,41	22,5	3,65
X	20,5	6,53	21,7	3,63	15,5	3,23
Z	21,4	4,85	23,1	5,07	22,3	8,79
U	21,1	4,07	22,2	3,23	24,7	7,00
W	21,4	8,10	21,9	5,03	21,7	7,84
Y	19,8	3,50	20,6	3,04	18,1	3,86

Tabelle 4.

Ratte	Behandlung	Gewicht in g	Niere		
			OG|Gg %	Tg|Fg %	RN i mg 1 g Fg
d	7 E-Tage	222	0,914	16,2	4,45
h		123	1,17	14,9	4,87
g	14 E-Tage	133	1,09	14,7	6,90
l		137	1,19	14,5	4,90
k	7 E-Tage	167	0,963	15,2	5,29
m	1 mal L. am	103	1,22	13,8	6,36
t	8. Tag	72	1,00	13,2	8,33
e	7 E-Tage, danach	158	1,27	13,8	3,65
f	7 Trainingstage	172	0,984	17,1	4,15
i		173	1,11	14,2	5,19
o	7 F-Tage	97	0,725	14,0	8,21
u		205	0,775	13,7	4,71
w	14 F-Tage	180	0,932	14,4	3,87
y		225	0,790	14,0	4,77
n	7 F-Tage	72	0,750	12,2	9,26
x	1 mal L. am	185	0,832	13,8	4,55
aa	8. Tag	175	0,916	15,2	4,06
p	7 F-Tage, danach	143	0,717	14,9	7,20
s	7 Trainingstage	64	1,08	18,0	7,25
v		210	0,820	14,5	4,35
z		175	0,862	13,7	4,30

Tabelle 5.

Ratte	Herz			Leber		
	Og|Gg %	Tg|Fg %	RN i mg / 1 g Fg	Og|Gg %	Tg|Fg %	RN i mg / 1 g Fg
d	0,293	17,1	4,62	3,39	27,1	1,33
h	0,326	17,3	17,5	4,79	25,6	2,39
g	0,346	16,1	13,0	4,10	26,0	4,76
l	0,321	16,2	22,7	3,85	26,0	1,90
k	0,312	17,3	11,55	3,13	25,8	3,84
m	0,350	18,4	13,9	4,30	22,1	1,58
t	0,403	16,2	13,8	4,12	23,6	4,05
e	0,361	17,4	18,8	3,89	24,9	2,93
f	0,296	17,5	11,75	3,59	27,6	2,27
i	0,324	16,4	10,7	4,73	21,0	2,44
o	0,381	16,0	13,5	3,95	19,3	3,65
u	0,297	16,2	5,73	3,40	24,9	1,86
w	0,330	16,0	5,83	3,91	23,2	1,99
y	0,303	15,2	8,81	3,61	24,1	1,72
n	0,430	14,2	12,9	3,95	19,4	3,51
x	0,291	15,8	8,35	3,34	19,7	1,63
aa	0,331	16,9	6,03	3,35	20,2	2,39
p	0,314	16,4	11,1	2,99	22,4	2,35
s	0,469	14,7	13,3	4,40	21,6	2,85
v	0,300	15,2	7,14	3,56	23,2	1,88
z	0,337	13,2	6,78	3,40	20,3	1,55

Behandlung und Körpergewicht der einzelnen Tiere siehe Tab. 4.

Tabelle 6.

Ratte	Oberschenkelmuskel		Bauchmuskel		Rückenmuskel	
	Tg|Fg %	RN i mg 1 g Fg	Tg|FG %	RN i mg 1 g Fg	Tg|Fg %	RN i mg 1 g Fg
d	21,4	4,83	23,9	2,66	22,2	4,17
h	20,7	10,3	20,1	5,82	20,7	8,54
g	20,8	6,70	20,6	4,75	21,4	8,05
l	20,5	5,30	21,0	4,02	20,8	4,42
k	21,0	2,99	20,6	4,70	21,6	7,02
m	20,1	6,00	19,9	5,64	20,4	5,36
t	21,2	6,23	23,2	5,43	22,9	
e	28,9	7,88	21,3	1,71	11,5	6,43
f	23,3	4,04	21,2	2,85	21,2	4,83
i	19,0	6,01	18,5	4,82	17,7	5,63
o	17,0	6,80	19,5	4,76	17,8	8,78
u	20,5	4,29	19,9	3,54	19,6	5,04
w	20,1	4,37	21,0	4,00	20,9	2,70
y	19,9	7,11	20,2	3,19	19,1	5,30
n	18,5	9,80	20,4	6,45	20,3	6,70
x	20,3	5,05	21,4	3,30	20,8	4,68
aa	19,1	4,31	20,7	3,50	19,6	2,44
p	19,9	6,40	21,2	3,96	21,0	4,93
s	18,0	1,22	18,7	8,60	19,0	
v	18,9	3,17	22,3	2,84	19,8	3,21
z	18,9	2,90	20,3	2,94	18,8	3,21

Behandlung und Körpergewicht der einzelnen Tiere siehe Tab. 4.

Tabelle 7.

Veränderungen des Körpergewichtes.

Behandlung	Grenzwerte	Durchschnitt
1malige Ueberanstrengung	— 5,00 — 9,77 %	— 6,59 %
20stündiges Sitzenlassen nach 1mal. Lauf mit Wasser ohne Wasser	— 3,23 + 2,78 %	— 0,23 % — 6,08 %
7 Trainingstage	+ 4,87 + 12,90 %	+ 7,95 %
5 Hungertage	— 11,9 — 29,4 %	— 21,25 %
7 Hungertage		— 32,6 %
1mal. Ueberanstrengung nach 5 Hungertagen	— 3,23 — 10,8 %	— 7,24 %
Sitzenlassen mit Wasser nach Behandlung wie oben		— 3,33 %
7 Tage Training gleichzeitig Hunger	— 29,2 — 36,5 %	— 32,27 %
7 KH-Tage	— 1,43 — 12,50 %	— 6,99 %
14 KH-Tage	— 6,18 — 5,41 %	— 5,80 %
1mal. Ueberanstrengung nach 7 KH-Tagen	— 5,28 — 8,0 %	— 6,56 %
7 Tage Training bei KH-Ernährung n. 7 KH-Tagen	— 6,08 — 15,71 %	— 9,42 %
7 E-Tage	— 4,17 — 17,00 %	— 10,51 %
14 E-Tage	— 14,20 + 1,48 %	— 6,36 %
1mal. Ueberanstrengung nach 7 E-Tagen	— 6,19 — 13,25 %	— 10,21 %
7 Tage Training bei E-Ernährung nach 7 E-Tagen	— 4,45 — 13,50 %	— 9,22 %
7 F-Tage	— 3,00 — 14,50 %	— 9,26 %
14 F-Tage	— 20,00 — 16,60 %	— 18,30 %
1mal. Ueberanstrengung nach 7 F-Tagen	— 6,49 — 11,60 %	— 8,84 %
7 Tage Training bei E-Ernährung nach 7 E-Tagen	— 9,89 — 17,90 %	— 13,15 %

Tabelle 8.

Gesamtabnahme bei 7 Vorbereitungs- dazu 7 Trainingstagen während einseitiger Ernährung:

	KH	E	F
	U: — 11,43 %	e: — 13,66 %	p: — 25,91 %
	W: — 14,71 %	f: — 14,00 %	s: — 21,95 %
	Y: — 26,00 %	i: — 24,78 %	v: — 19,23 %
			z: — 20,45 %
Durchschnitt	— 17,38 %	— 17,48 %	— 21,89 %

Tabelle 9.

24-Stunden-Harnmengen in ccm.

Normaltier	4,0	3,0	5,0 ...							
Normaltier im Training	1,0	1,0	4,0	2,5	4,5 ...					
Hungertier	2,0	7,0	6,0	4,5 ...						
	2,0	6,0	2,0	2,0	6,5 ...					
Hungertier im Training	7,0	§6,5	4,5	1,0	3,5 ...					
KH-Tier	*2,0	1,0	1,5	5,0	3,0	1,5	2,0	2,5	1,5	4,0 ...
KH-Tier im Training	*7,5	5,5	3,0	1,0 ...	3,0	§2,0	4,0	2,5	2,0	3,0 ...
E-Tiere	2,5	2,0	*7,5	15,0	26,0	23,5	18,0	19,5	21,0	
			*9,5	13,5	17,0	16,0	21,5	19,0	21,0	
E-Tier vor und im Training			*5,0	11,5	22,0 ...	29,0	§29,0	33,0	30,0	30,0 ...
			*11,0	27,0	15,5 ...	26,5	§16,5	20,0	30,0 ...	26,0
F-Tier	4,5	2,0	2,0	*1,5	1,5	6,5	5,0	3,0	2,5	
F-Tier vor und im Training		6,0	2,0	*4,5	2,0 ...	2,0	§2,0	1,0 ...	4,5	1,0 ...

* = Beginn der einseitigen Ernährung.
§ = Beginn des Trainings.

Abkürzungen.

KH	=	Kohlehydraternährung.
F	=	Fetternährung.
E	=	Eiweißernährung.
Og/Gg %	=	prozentualer Anteil des Organ-Frischgewichtes vom Gesamtkörpergewicht des Tieres.
Tg/Fg %	=	prozentualer Anteil des Organ-Trockengewichtes vom Frischgewicht des Organs.
RN i. mg. 1g Fg	=	Rest N-Gehalt eines Extraktes, hergestellt aus 1 g des frischen Organs, ausgedrückt in mg.

Lebenslauf.

Ich wurde am 17. August 1912 in Berlin-Schöneberg geboren. Mein Vater war damals Privatdozent für Theologie an der Universität Berlin; 1915 folgte er einem Ruf an die Heidelberger Universität. Hier verbrachte ich meine ganze Schulzeit, von Herbst 1918 bis Ostern 1930. Ich legte an der Mädchenrealschule mit Realgymnasium und gymnasialer Abteilung die Reifeprüfung eines Gymnasiums ab. Gleich nach dem Abiturium begann ich mit dem Medizinstudium; von Ostern 1930 bis Ostern 1931 studierte ich in Freiburg i. B., die folgenden drei Semester in Heidelberg. Hier bestand ich im Sommer 1932 die ärztliche Vorprüfung. Das erste klinische Semester verbrachte ich in Heidelberg, das zweite in München; seit Herbst 1933 studierte ich in Heidelberg und legte hier im Herbst 1935 die ärztliche Prüfung ab. Während der Universitätsferien famulierte ich in der Orthopädischen und in der Medizinischen Universitätsklinik Heidelberg, in der Krankenanstalt Speyerershof bei Heidelberg, in der Medizinischen Universitätsklinik Tübingen und in der Staatlichen Frauenklinik Dresden.

Herr Dr. Schenck gab mir Anregung zu dieser Untersuchung; dafür sowie für seinen Rat bei allen technischen und theoretischen Schwierigkeiten schulde ich ihm großen Dank.

Hildegard Dibelius.